

## KAJIAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH LAUNDRY DENGAN METODE ADSORPSI KARBON AKTIF SERTA PENGARUHNYA TERHADAP PERTUMBUHAN AZOLLA

*Fanty Eka Adiastuti<sup>1)</sup>, Yanisworo Wijaya Ratih<sup>2)</sup>, dan Miseri Roeslan Afany<sup>2)</sup>*

<sup>1)</sup>Alumni Program Studi Agroteknologi

<sup>2)</sup>Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UPN “Veteran” Yogyakarta

E-mail: [yanisworowratih@gmail.com](mailto:yanisworowratih@gmail.com)

### ABSTRACT

**Study of Laundry Wastewater Treatment using Activated Carbon Adsorption Method and Its Effects on Azolla Growth (Fanty Eka Adiastuti, Yanisworo Wijaya Ratih, and Miseri Roeslan Afany):** Recently, industrial laundry has been increasing rapidly, however generally the waste water of laundry industries were dumped directly to the environment without any treatment.. The purpose of the research is to study pollutants decrease of laundry industrial wastewater by using activated carbon and to evaluate the laundry wastewater treated be used for *Azolla* cultivation. This research applied 4 treatments that are application of activated carbon with 3 replications using Completely Randomize Design (CRD). The treatment consists of 0g, 5g, 10g, and 15 g of activated carbon which was added in one litre of laundry wastewater. The parameters which were analysis were pH, detergent and P content, also BOD and COD value. The next step is the use of laundry wastewater treated for *Azolla* cultivation. *Azolla* biomass was being observed in every 5 days for 20 days. The results showed that the use of 5g/L activated carbon on laundry wastewater increases significantly levels of phosphate, and decreases significantly of detergent content, BOD and COD value. *Azolla* sp. has not able to grow on *Azolla* sp. has the ability to grow on the activated carbon application of 5g/L and their growth was not significantly different from 10g/L and 15g/L treatment.

**Keywords:** Laundry wastewater, activated carbon, *Azolla*.

### PENDAHULUAN

Industri kecil laundry saat ini berkembang pesat. Perkembangan industri ini perlu mendapat perhatian karena pada umumnya para pelaku industri membuang langsung limbah sisa produksinya ke selokan atau badan air tanpa pengolahan terlebih dulu. Pencemaran terhadap lingkungan dapat timbul karena air limbah dari industri laundry banyak mengandung polutan berupa lemak dan senyawa organik lain yang berasal dari pakaian kotor, beberapa senyawa kimia seperti natrium tripolyphosphat sebagai pengisi, dan deterjen atau surfaktan yang sulit terombak secara alami di alam (Agustina *et al.*, 2014). Hasil

analisis kimiawi limbah laundry menunjukkan bahwa nilai pH, BOD, COD, dan deterjen lebih besar dari nilai ambang batas yang sudah ditentukan. Hudori (2008) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa limbah laundry mempunyai nilai pH, BOD, COD, serta deterjen berturut-turut sebesar 8,67; 182,78 mg/L; 599,44 mg/L, dan 256,87 mg/L. Limbah cair yang dihasilkan dari sisa proses pencucian baju juga mengakibatkan kekeruhan sehingga menghalangi sinar matahari masuk ke dalam air (Stefhany *et al.*, 2013). Proses dalam industri laundry membutuhkan air yang banyak dan menghasilkan air limbah yang banyak pula. Rata-rata kebutuhan air dalam industri laundry mencapai 15 L/kg pakaian yang diproses (Ciabatti *et al.*,

2009). Dengan demikian pemrosesan limbah laundry menjadi sangat penting agar beban pencemaran berkurang dan air dapat dimanfaatkan kembali.

Beberapa metode dapat digunakan untuk mengolah limbah cair seperti limbah laundry, baik secara khemis, fisis, maupun biologis. Salah satu cara yang digunakan adalah dengan memanfaatkan karbon aktif. Karbon aktif adalah material karbon amorf tersusun atas pelat-pelat datar atom C yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagonal dengan satu atom C pada setiap sudutnya. Dengan luas permukaan yang tinggi dan porous maka karbon aktif dapat berperan sebagai adsorben yang baik (Hartanto dan Ratnawati 2010). Fungsi karbon aktif sebagai adsorben pada air limbah diantaranya untuk menyaring atau menghilangkan bau dan mengurangi zat pencemar dalam air limbah (Atmayudha, 2007). Selain proses adsorpsi secara fisika, adsorpsi secara kimia juga terjadi antara karbon aktif dan pencemar dalam limbah.

*Azolla pinata* merupakan tanaman paku air yang mempunyai kecepatan pertumbuhan yang tinggi, mudah beradaptasi pada kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan, toleran pada kisaran pH yang luas (4,5 – 8,3), serta mudah pemeliharannya. Oleh sebab itu maka *Azolla* sering digunakan sebagai agen yang efektif untuk fitoremediasi limbah organik maupun anorganik (Wulandari & Simanungsong, 2009; Fikri, 2013; Eribo & Kadiri, 2016; Mentari *et al.*, 2016). Namun demikian, hasil penelitian Abidin (2015) menunjukkan bahwa *Azolla* tidak mampu tumbuh pada limbah laundry yang tidak diencerkan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan karbon aktif terhadap penurunan kadar polutan limbah laundry serta menguji kemampuan tumbuh *Azolla* pada limbah yang sudah diperlakukan dengan karbon aktif. Dalam penelitian ini *Azolla* berperan sebagai indikator keberhasilan pengolahan air

limbah laundry dengan penambahan karbon aktif.

## **BAHAN DAN METODE**

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor berupa takaran karbon aktif dengan 4 perlakuan, yaitu penambahan karbon aktif pada limbah laundry sebesar 0g/L, 5g/L, 10g/L, dan 15g/L. Air limbah diambil dari industri laundry rumahan yang berlokasi di Dusun Seturan, Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Karbon aktif diperoleh secara komersial dari Bandung, sedangkan *Azolla* diperoleh dari petani di daerah Bantul, DIY. Air limbah ditambah dengan karbon aktif dengan takaran sesuai dengan perlakuan, selanjutnya diaduk selama 2 jam. Setelah 2 jam pengadukan air limbah disaring menggunakan dakron dan kapas untuk memisahkan karbon aktifnya (Gumelar *et al.*, 2015). Selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap parameter pH, kadar P, BOD, COD, dan kadar deterjen. Sebanyak 3,5 L air limbah yang sudah diperlakukan dengan karbon aktif kemudian dipindahkan ke ember plastik sebagai media budidaya *azolla*. *Azolla* yang berumur 2 minggu digunakan sebagai bibit. Masing-masing air limbah ditambah *Azolla* sebanyak 4 gram. Media tanam padat *Azolla* yang digunakan berupa campuran 1 kg tanah Regosol dengan 0,4 gram pupuk SP-36. Volume atau ketinggian air dalam wadah budidaya *Azolla* dipertahankan, jika terjadi penguapan dilakukan penambahan air. Penanaman *azolla* dilakukan selama 20 hari. Pengukuran berat basah *azolla* dilakukan setiap 5 hari. Tanaman *azolla* yang akan dihitung berat basahanya disaring dan ditiriskan terlebih dahulu dengan kain kasa sebelum ditimbang, setelah ditimbang *azolla* dikembalikan lagi untuk pengamatan 5 hari selanjutnya. Berat kering *azolla* dilakukan pada akhir inkubasi dengan mengeringkannya pada

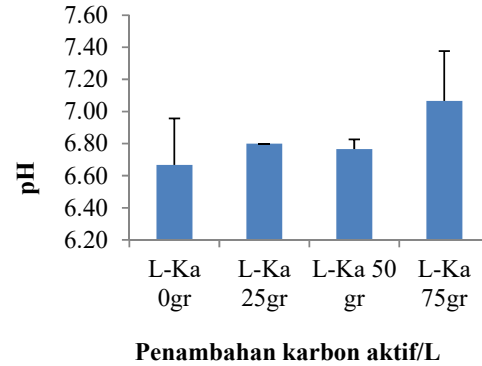
suhu 60°C selama 48 jam. Data yang diperoleh diolah dengan Analysis of Variance (ANOVA) pada taraf 5%, apabila terdapat perbedaan yang signifikan dilanjutkan dengan Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 berikut adalah hasil analisis data dari beberapa parameter air limbah yang diperoleh setelah air limbah diolah dengan karbon aktif. Grafik perubahan nilai atau kadar masing-masing parameter disajikan pada gambar 1 sampai dengan 5. Berdasarkan nilai pada perlakuan tanpa penambahan karbon aktif, maka dapat diketahui bahwa kadar detergent, BOD, dan COD limbah laundry jauh di atas ambang batas ketentuan yang berlaku di Daerah Istimewa Yogyakarta. Nilai COD yang tinggi dan jauh lebih tinggi dari BOD menunjukkan bahwa limbah laundry yang digunakan dalam penelitian ini banyak mengandung senyawa organik yang susah dirombak/persisten.

### pH

Nilai pH berkisar antara 6,7 pada perlakuan tanpa penambahan karbon aktif sampai dengan 7,1 pada perlakuan penambahan karbon aktif 15g/L. Hasil analisis data menunjukkan bahwa perlakuan dengan penambahan karbon



Gambar 1. pH limbah setelah perlakuan dengan karbon aktif

aktif sampai dengan 15g/L tidak mengakibatkan perubahan secara nyata pada pH limbah laundry. Gambar 1 menampilkan perubahan pH limbah pada perlakuan penambahan karbon aktif yang berbeda beda.

### Kadar Fosfat Total

Data pada tabel 1 menunjukkan bahwa kadar fosfat air semakin tinggi dengan meningkatnya penambahan karbon aktif. Kadar fosfat berkisar antara 0,66 mg/L pada perlakuan penambahan karbon aktif 0g/L sampai dengan 10,55 mg/L pada perlakuan penambahan karbon aktif 15g/L. Apabila dibandingkan dengan kontrol (0g/L), penambahan karbon aktif 10g/L meningkatkan secara nyata kadar P total limbah, dan perlakuan 10g/L tidak

Tabel 1. Rerata hasil analisis kimiawi air limbah setelah perlakuan

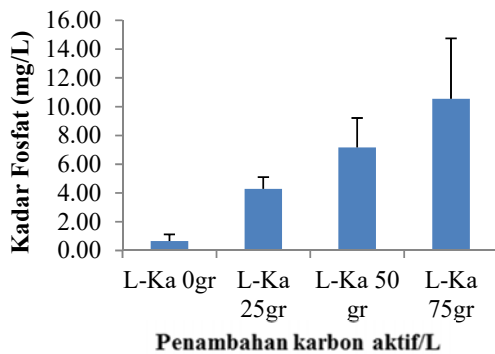
No	Perlakuan penambahan karbon aktif per liter	Parameter				
		pH	fosfat (mg/L)	Deterjen (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)
1	0g	6,7 a	0,66 c	55,46 a	668,83 a	182,0 a
2	5g	6,8 a	4,28 bc	0,62 b	256,33 b	85,3 b
3	10g	6,8 a	7,16 ab	0,70 b	291,33 b	99,3 b
4	15g	7,1 a	10,55 a	0,88 b	265,67 b	90,0 b

Keterangan:

1. Rata-rata yang diikuti notasi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT taraf 5%.
2. Kadar maksimum merujuk pada Perda Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2006, tentang Baku Mutu Air Limbah Laundry untuk pH, kadar detergent, BOD, dan COD berturut-turut adalah 6-9, 5mg/L, 75 mg/L, dan 150mg/L

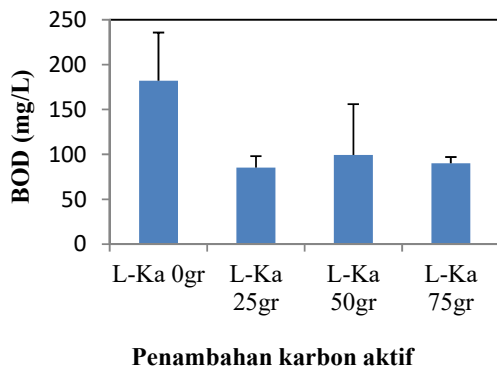
berbeda nyata dengan perlakuan 15g/L. Terjadinya peningkatan kadar fosfat diduga karena karbon aktif mengandung fosfat. Pada proses pembuatan karbon aktif, arang yang dihasilkan dari proses karbonisasi diaktifkan untuk meningkatkan efektivitasnya sebagai bahan penyerap.

Aktivasi dapat dilakukan secara pemanasan dan penambahan senyawa kimia seperti  $H_3PO_4$ ,  $NH_4Cl$ ,  $AlCl_3$ , dan lain lain. (Lempang, 2014). Ada kemungkinan bahwa karbon aktif yang digunakan diaktifkan dengan  $H_3PO_4$ .



Gambar 2. Kadar fosfat limbah setelah perlakuan dengan karbon aktif

Terjadinya penambahan P ini perlu diperhatikan. Pada kondisi lingkungan yang tidak terkontrol, timbulnya fosfat yang berlebihan merugikan lingkungan, karena memungkinkan terjadinya proses eutrikifikasi, yaitu kondisi lingkungan perairan dengan nutrisi yang berlebihan yang mengakibatkan pertumbuhan alga

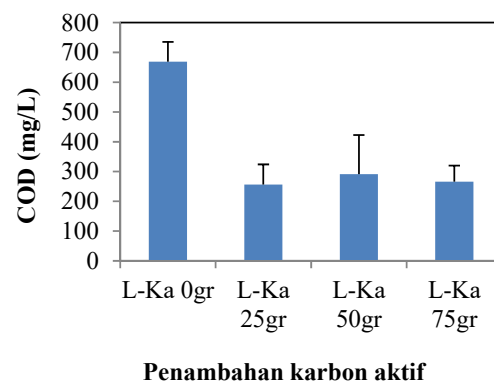


Gambar 3. Perubahan BOD limbah setelah perlakuan dengan karbon aktif

maupun tanaman atau gulma air yang cepat sehingga menutup permukaan air. Tertutupnya permukaan air oleh tanaman mengakibatkan terhambatnya paparan sinar matahari, serta berkurangnya kadar oksigen terlarut dibawah permukaan air. Keadaan tersebut mengakibatkan terganggunya aktivitas organisme atau biota air (Wardana, 2009 dalam Majid dkk, 2017). Namun demikian apabila hasil pengolahan limbah digunakan untuk budidaya tanaman, seperti Azolla, maka keberadaan P dapat menguntungkan, karena tanaman membutuhkan P untuk pertumbuhannya.

### Biochemical Oxygen Demand (BOD)

BOD atau Kebutuhan Oksigen Biologis adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) senyawa organik yang terlarut dan sebagian senyawa organik tersuspensi dalam air. Hasil analisis data (Tabel 1) menunjukkan bahwa penggunaan karbon aktif secara nyata menurunkan angka BOD dari 182 mg/L pada perlakuan penambahan karbon aktif 0g/L menjadi 85,3 pada perlakuan penambahan karbon aktif 5g/L. Perlakuan penambahan karbon aktif 5g/L tidak berbeda nyata dengan perlakuan penambahan karbon aktif 10g/L dan 15g/L. Namun demikian penambahan karbon aktif sampai 15g/L tidak berhasil menurunkan nilai BOD sehingga mencapai bawah ambang batas yang berlaku. Gambar 3 menunjukkan terjadinya



Gambar 4. Nilai COD limbah setelah perlakuan dengan karbon aktif

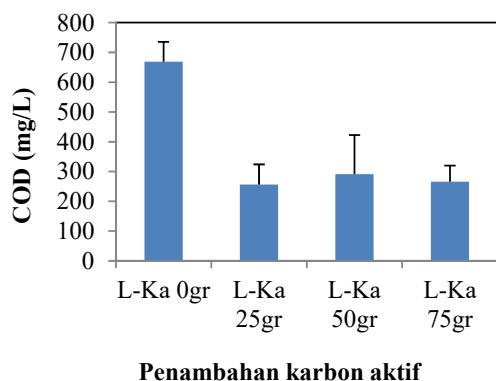
penurunan BOD akibat perlakuan penambahan karbon aktif.

Biochemical Oxygen Demand (BOD) menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan secara biologis untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik yang relatif mudah dirombak dalam kondisi aerobik. Dengan demikian, apabila kadar bahan organik dalam badan air tinggi, maka nilai BOD juga tinggi dan tingkat pencemaran oleh senyawa organik tinggi.

### Chemical oxygen demand (COD)

COD atau Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air, dengan pengoksidasi berupa  $K_2Cr_2O_7$ . Karena  $K_2Cr_2O_7$  merupakan oksidator kuat, maka semua jenis senyawa organik baik yang bersifat persisten maupun tidak akan teroksidasi dengan sempurna. Gambar 4 berikut ini adalah grafik penurunan nilai COD setelah diberi perlakuan berupa penambahan karbon aktif.

Hasil analisis data COD (Tabel 1) menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar COD secara nyata setelah perlakuan dengan penambahan karbon aktif. Nilai COD pada perlakuan tanpa karbon aktif 668,83 mg/L, secara nyata turun menjadi 256,33 mg/L pada perlakuan dengan karbon aktif 5g/L. Perlakuan penambahan karbon aktif 5g/L tidak berbeda nyata dengan perlakuan penambahan karbon aktif 10g/L



Gambar 4. Nilai COD limbah setelah perlakuan dengan karbon aktif

dan 15g/L. Namun demikian, seperti halnya pada pengamatan terhadap BOD, penambahan karbon aktif sampai 15g/L belum menurunkan nilai COD sehingga di bawah ambang batas yang berlaku. Nilai COD yang lebih tinggi dari BOD menunjukkan bahwa limbah laundry juga mengandung senyawa organik persisten.

### Deterjen/surfaktan

Hasil analisis data dengan uji DMRT menunjukkan bahwa perlakuan berupa penambahan karbon aktif sebesar 5g/L, 10g/L, serta 15g/L menurunkan secara nyata kadar deterjen/surfaktan sehingga mencapai 0,62 mg/L, dibawah ambang batas nilai yang ditentukan, yaitu sebesar 5mg/L (Tabel 1). Gambar 5 menunjukkan penurunan kadar deterjen limbah setelah perlakuan penambahan karbon aktif.

Bahan organik dalam limbah laundry berasal dari pakaian kotor yang dicuci dan surfaktan dalam deterjen. Secara umum komponen penyusun deterjen adalah surfaktan, *builders*, *bleaching agent* dan bahan aditif (Smulders dalam Suwahdendi, 2016). Surfaktan yang merupakan bahan utama penyusun deterjen merupakan senyawa organik yang terombak dalam waktu lama. Karbon aktif sebagai adsorben mampu menjerap surfaktan dan senyawa organik melalui oksigen kompleks pada permukaannya maupun pori-porinya, sehingga kadar deterjen, COD, dan BOD turun.

Kelompok fungsional permukaan karbon aktif berperan penting dalam adsorpsi berbagai molekul organik. Menurut Cecen dan Aktas (2011), permukaan karbon aktif umumnya mengandung berbagai kompleks oksigen dalam beberapa bentuk karboksilat, fenolik, dan karbonil yang berasal dari bahan baku serta saat proses aktivasi. Sebagai contoh, senyawa aromatik dapat diadsorb oleh karbonil pada permukaan karbon dengan mekanisme pembentukan kompleks donor-akseptor. Oksigen karbonil bertindak sebagai donor elektron, sedangkan cincin aromatik dari zat terlarut

Tabel 2. Berat basah dan berat kering Azolla yang ditumbuhkan pada air limbah laundry setelah perlakuan penambahan karbon aktif

Sampel	Rerata Pertumbuhan Azolla (gram)				Berat kering
	5 HST	10 HST	15 HST	20 HST	
L-Ka 0	2,84a	2,32a	0,00b	0,00b	0,00
L-Ka 25	3,95a	4,04a	10,22ab	19,57a	2,28
L-Ka 50	3,32a	4,22a	10,37ab	19,56a	3,47
L-Ka 75	3,11a	4,20a	12,57a	22,16a	2,95

Keterangan:

Rata-rata yang diikuti notasi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT taraf 5%.

HST: Hari Setelah Tanam

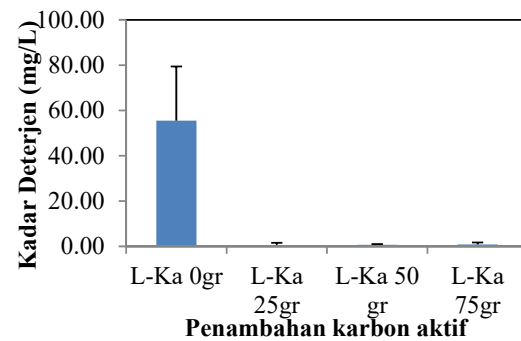
Berat kering diamati pada akhir penanaman ( 20 HST)

bertindak sebagai akseptor elektron.

### Pertumbuhan Azolla

Untuk menguji keefektifan penggunaan karbon aktif dalam menurunkan polutan pada limbah laundry, maka air limbah digunakan untuk budidaya Azolla. Data pertumbuhan Azolla disajikan pada tabel 2. Berat basah azolla diamati setiap 5 hari sejak penanaman. Pengamatan dilakukan hingga umur Azolla 20 hari, saat Azolla menutupi permukaan tempat budidaya. Azolla tidak mengalami pertumbuhan pada limbah yang tidak diperlakukan dengan penambahan karbon aktif (perlakuan 0g/L). Meskipun air limbah yang sudah diperlakukan dengan penambahan karbon aktif memiliki nilai BOD dan COD di atas ambang batas, namun Azolla masih mampu tumbuh pada limbah tersebut. Hasil analisis data menunjukkan bahwa perlakuan penambahan karbon aktif 5g/L secara nyata meningkatkan pertumbuhan tanaman. Hasil analisis data menunjukkan bahwa perlakuan 5g/L tidak berbeda nyata dengan perlakuan 10g/L maupun 15g/L. Pertumbuhan Azolla dapat dilihat pada gambar 6.

Pertumbuhan Azolla secara eksponensial terjadi setelah penanaman selama 10 hari. Fase adaptasi yang dibutuhkan Azolla relatif lama, karena pada media tanam berupa air tanpa polutan

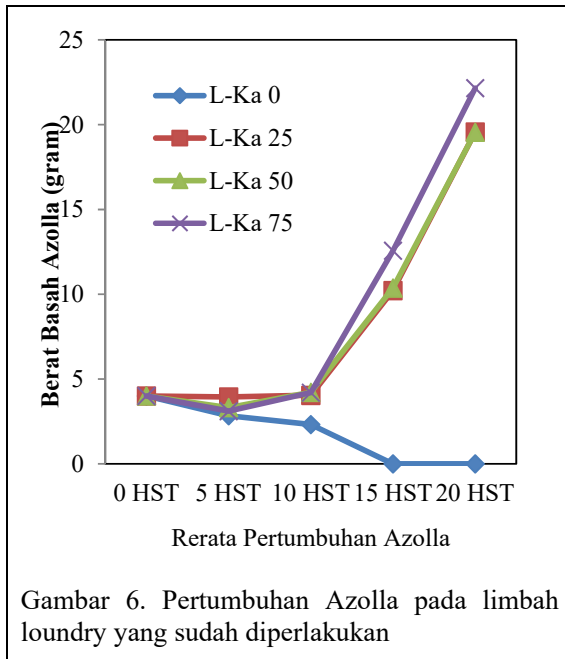


Gambar 5. Penurunan kadar deterjen limbah setelah perlakuan dengan karbon aktif

biasanya pertumbuhan yang optimum terjadi pada hari ke 7 sampai dengan 14 setelah tanam. Panjangnya fase adaptasi karena nilai COD limbah masih tinggi, yaitu 256,33 mg/L. Hasil penelitian Mentari et al., 2016 menunjukkan bahwa pertumbuhan Azolla pada limbah laundry yang diencerkan dua kali dengan nilai COD berkisar antara 124,18 sampai dengan 140,10 mg/L mencapai puncaknya pada pengamatan hari ke 7. Berdasarkan hasil ini, dapat diketahui bahwa biomassa atau berat kering azolla yang paling tinggi terdapat pada perlakuan dengan 15g/L dengan penambahan karbon aktif.

Secara keseluruhan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan karbon aktif sebesar 5g/L pada limbah laundry sudah berhasil menurunkan kadar





polutan sehingga nilai BOD, COD, dan kadar deterjen/surfaktan berkurang, sehingga hasil pengolahan limbah dapat dimanfaatkan untuk budidaya Azolla. Azolla di samping dimanfaatkan sebagai tanaman dalam fitoremediasi juga banyak dimanfaatkan dalam bidang pertanian karena kadar nitrogennya yang tinggi (Gunawan, 2014). Penelitian Mentari *et al.*, 2016 juga menunjukkan bahwa penanaman Azolla mampu menurunkan angka COD limbah laundry. Penelitian ini perlu dilanjutkan dengan aplikasi karbon aktif kurang dari 5g/L untuk mendapatkan tingkat efisiensi yang paling tinggi.

## KESIMPULAN

Penambahan karbon aktif 5g/L secara nyata menurunkan nilai BOD, COD, dan kadar detergent limbah laundry. Perlakuan penambahan karbon aktif 5g/L limbah tidak berbeda nyata dengan perlakuan penambahan karbon aktif 10g/L maupun 15g/L. BOD, COD, dan

1. kadar detergent menurun berturut-turut dari 182 mg/L menjadi 85,33 mg/L, dari 668,83 mg/L menjadi 256,33

mg/L, dan dari 55,46 mg/L menjadi 0,62 mg/L

2. *Azolla* tidak dapat tumbuh pada limbah laundry yang tidak diperlakukan dengan penambahan karbon aktif.
3. *Azolla* mampu tumbuh pada limbah laundry yang diberi perlakuan penambahan karbon aktif 5g/L dan pertumbuhannya tidak berbeda nyata dengan perlakuan penambahan 10g/L maupun 15g/L.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, J. 2015. Kajian Pemanfaatan Limbah Laundry untuk Penanaman Azolla dan Pengaruhnya Terhadap Peningkatan Kualitas Limbah. Skripsi. Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Agustina, TE., Faizal, M., And Aprianti, T. 1 Application of Activated Carbon and Natural Zeolite for Phosphate Removal from Laundry Wastewater *Proceedings of The 5<sup>th</sup> Sriwijaya International Seminar on Energy and Environmental Science & Technology Palembang, Indonesia September 10-11, 2014*
- Asfawi, S. 2014. Dampak Usaha Laundry Terhadap Tingkat Pencemaran Air. Studi Kasus di Kelurahan Pindrikan Kidul. Laporan Penelitian Dosen Pemula. Semarang: Universitas Dian Nuswantoro.
- Atmayudha, Ardhana. 2007. Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa dengan Perlakuan Aktivasi Terkontrol serta Uji Kinerjanya. Skripsi. Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Cecen, F., and Aktas, O. 2011. Activated Carbon for Water and Wastewater Treatment: Integration of Adsorption and Biological Treatment. Wiley-

- VCH Verlag & Co. KGaA, Boschstr. 12, 69469 Weinheim, Germany.
- Ciabatti, I, F. Cesaro, L.Faralli, E.Fatrella, Dan F.Togotti. 2009. Demonstration Of A Treatment System For Purification And Reuse Of Laundry Wastewater, *Desalination*, 245, 451-459.
- Eribo, O And Kadiri, MO., 2016, Growth Performance and Phytoremediation Ability of *Azolla Pinnata* in Produced Water J. Appl. Sci. Environ. Manage. Vol. 20 (4) 1053-1057
- Fikri, Z. 2013. Aquatic Plant Treatment Tumbuhan Paku Air *Azolla pinnata* terhadap Penurunan Kadar Nitrat dan Nitrit pada Air Limbah Industri Tahu di Kelurahan Kekalik, Kecamatan Sekarbela, Nusa Tenggara Barat. Media Binia Ilmiah. ISSN No. 1978-3787.
- Gumelar, Dalas., Yusuf Hendrawan, dan Rini Yulianisngsih. 2015. Pengaruh Aktivator dan Waktu Kontak Terhadap Kinerja Arang Aktif Berbahan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Pada Penurunan COD Limbah Cair Laundry. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem* Vol. 3 No. 1, Februari 2015, 15-23.
- Gunawan, I. 2014. Kajian Peningkatan Peran Azolla Sebagai Pupuk Organik Kaya Nitrogen pada Padi Sawah. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. Vol. 14 (2): 134-138. ISSN 1410 - 5020
- Hartanto, S dan Ratnawati. 2010. Pembuatan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Sawit Dengan Metode Aktivasi Kimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia. Indonesian Journal of Materials Science*. Vol. 12, No. 1, Oktober 2010, hal : 12 – 16. ISSN : 1411-1098.
- Hudori. 2008. Pengolahan Air Limbah Laundry dengan Menggunakan Elektrokoagulasi. Skripsi. Institut Teknologi Bandung.
- Lempang, Mody. 2014. Pembuatan dan Kegunaan Arang Aktif. *Info Teknis EBONI* Vol. 11 No. 2, Desember 2014 : 65 – 80.
- Majid M, Amir R, Umar R, dan Hengky H.K. 2017. Efektivitas Penggunaan Karbon Aktif Pada Penurunan Kadar Fosfat Limbah Cair Usaha Laundry di Kota Parepare Sulawesi Selatan. Prosiding Seminar Nasional IKAKESMADA “Peran Tenaga Kesehatan dalam Pelaksanaan SDGs”. ISBN: 978-979-3812-41-0. 26 Januari 2017.
- Mentari, A., Probosunu, N., Adharini, R.I. 2016. Pemanfaatan *Azolla* sp. Untuk Menurunkan Kandungan COD (Chemical Oxygen Demand) dalam Limbah Laundry. *Jurnal Perikanan UGM (J. Fish. Sci.)* XVIII (2): 67-72 ISSN: 0853-6384 eISSN: 2502-5066.
- Peraturan Daerah DIY No. 7. 2016. Baku Mutu Air Limbah. Yogyakarta: Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Smulders, E. 2002. *Laundry Detergents*. Wiley -VCH Verlag GmbH, Weinheim, Germany
- Stefhany, C.A, Sutisna. M, Pharmawati, K. 2013. Fitoremediasi Phospat dengan menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia crassipers*) pada Limbah Cair Industri Kecil Pencucian Pakaian (Laundry). *Jurnal Teknik Lingkungan Itenas*. Vol. 1. No. 1. Februari 2013.
- Suharto. 2011. Limbah Kimia dalam Pencemaran Udara dan Air. Yogyakarta: Penerbit Andi.



Wulandari, C.D. & Simanungsong, T.L.  
2009. Uji Efektivitas *Azolla pinnata*  
dan *Hydrilla* sp. untuk Meremovel  
Logam Berat Kromium (Cr) pada  
Limbah Tekstil (Studi Kasus Limbah  
Pencelupan Batik di Malang). Jurnal  
Lingkungan ITN Malang.